

**Commission géologique
du Canada**



**Recherches en cours
2000-D13**

***L'utilisation d'un vidéoorestituteur
numérique comme outil de cartographie
détaillée (Saguenay, Québec)***

Serge J. Paradis et Marco Boutin

2000



Ressources naturelles
Canada

Natural Resources
Canada

Canada

©Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2000
N° de catalogue M44-2000/D13F-IN
ISBN 0-660-96283-7

En vente à partir du site Web de la Librairie de la
Commission géologique du Canada, à l'adresse
<http://www.nrcan.gc.ca/gsc/bookstore> (sans frais : 1-888-252-4301)

Les bibliothèques de dépôt d'un bout à l'autre du pays ont accès à la présente
publication par l'intermédiaire du site Web du Programme des services de dépôt
(<http://dsp-psd.tpsgc.gc.ca>). Vous pouvez obtenir une liste des bibliothèques en
question en consultant le site susmentionné ou en appelant au numéro sans frais ci-haut.

Prix sujet à changement sans préavis

Les demandes de permission pour reproduire cet article, en tout ou en partie, à des fins d'utilisation commerciale, de revente ou de redistribution doivent être adressées à la Division de l'information géoscientifique, pièce 200, 601, rue Booth, Ottawa (Ontario) K1A 0E8.

Adresses des auteurs

Serge J. Paradis (sparadis@gsc.NRCan.gc.ca)
CGC-Québec
Centre géoscientifique de Québec
2535, boulevard Laurier
C.P. 7500
Sainte-Foy (Québec) G1V 4C7

M. Boutin (mboutin@NRCan.gc.ca)
Centre géoscientifique de Québec
INRS-Géoressources
2535, boulevard Laurier
C.P. 7500
Sainte-Foy (Québec) G1V 4C7

L'utilisation d'un vidéoestituteur numérique comme outil de cartographie détaillée (Saguenay, Québec)

Serge J. Paradis et Marco Boutin

Centre géoscientifique de Québec, Sainte-Foy

L'utilisation d'un vidéoestituteur numérique comme outil de cartographie détaillée (Saguenay, Québec); Commission géologique du Canada, Recherches en cours 2000-D13, 8 p. (en ligne; <http://www.nrcan.gc.ca/gsc/bookstore>)

Résumé : Un vidéoestituteur numérique de type DVP (Digital Video Plotter) a été utilisé dans le cadre d'un projet de recherche visant à cartographier les formations superficielles dans le secteur de Saint-Fulgence et de La Baie, dans la région du Saguenay, au Québec. Les trois grandes étapes de la vidéoestitution numérique sont l'orientation interne, l'orientation relative et l'orientation absolue. Ces étapes sont très importantes car ce sont elles qui contrôlent le degré de déplacement des éléments captés sur les photos aériennes et reportés sur le fond topographique numérique. L'utilisation de couplets stéréoscopiques et de croquis cartographiques correspondants, provenant de travaux récents effectués dans la région du Saguenay, nous montre que cette méthode de transfert des données est très précise et rapide et qu'elle pourrait donner lieu à des applications pluridisciplinaires.

Abstract: A digital video plotter (DVP) has been used in surficial mapping in the Saint-Fulgence and La Baie sector, Saguenay, Quebec. Internal orientation, relative orientation, and absolute orientation are the three main steps in digital videoplottting. These steps are important because they control the amount of displacement of the features captured on airphotos and transferred to the digital topographic base. The use of stereoscopic pairs and corresponding sketched maps from recent work carried out in the Saguenay area shows that this method of transferring data is accurate and fast and could have multidisciplinary applications.

INTRODUCTION

La photogrammétrie est une technique qui permet de représenter le volume et la forme des objets, et plus particulièrement le relief, grâce à l'application de la stéréophotographie aux levés topographiques, ou autres. Cette technique, maintenant bien connue, permet la conception de cartes topographiques modernes en utilisant directement les données dérivées des photos aériennes. L'avènement d'ordinateurs plus performants, et notamment de moniteurs à haute résolution (taux de rafraîchissement de 120 Hz), nous permet d'intégrer les fonctions de base de la photogrammétrie et de leur trouver une application plus moderne : la vidéorestitution numérique. La vidéorestitution numérique est donc une technique vidéogramétrique qui permet la visualisation tridimensionnelle d'images alphanumériques et graphiques sur un écran cathodique (fig. 1). L'application de la vidéogrammétrie à la compilation et au transfert des données provenant directement de l'interprétation de photos aériennes courantes (23 cm sur 23 cm) à différentes échelles devient alors un procédé technologique de très haute précision qui améliore la qualité globale du transfert et de la compilation finale de l'information. Nous avons récemment appliqué la technique de vidéorestitution numérique dans le cadre d'un projet de recherche visant entre autres à réaliser la cartographie détaillée à l'échelle de 1/20 000 des formations superficielles dans le secteur de Saint-Fulgence et de La Baie, dans la région du Saguenay. Le travail a permis de mettre au point la technique et d'en définir les principales étapes. De plus, l'application de la vidéorestitution numérique a permis de mesurer la performance et la précision de la résolution obtenue dans la compilation de différents éléments cartographiques et morphologiques représentés numériquement par différents symboles tels que les points, les lignes, les polygones, les arcs, les cercles, le texte et les points cotés (Paradis et al., 1999). Le présent document a pour objectifs de faire connaître la technique, de définir ses étapes et de fournir une appréciation de sa précision. De façon à illustrer le degré de précision obtenu par la vidéorestitution, nous avons ajouté au document une série de couplets stéréoscopiques restituant l'impression du relief. Ces exemples proviennent de la région de Saint-Fulgence et de La Baie, où nos efforts cartographiques ont été concentrés dans la dernière année.



Figure 1. Vidéorestituteur numérique avec numériseur et table à numériser.

LA VIDÉORESTITUTION NUMÉRIQUE APPLIQUÉE À LA CARTOGRAPHIE GÉOMORPHOLOGIQUE : TECHNIQUE

Après la campagne de terrain, le géologue recense par photo-interprétation les phénomènes géologiques ou géomorphologiques qui doivent être intégrés à la compilation finale de la carte. Ces informations sont directement inscrites à l'encre de chine (plume rapidograph) sur la photo aérienne noir et blanc (fig. 2). Une fois l'étape de la photo-interprétation terminée, chaque photo aérienne ayant servi à la photo-interprétation du secteur à l'étude est numérisée à une résolution de 600 points au pouce à l'aide d'un numériseur à balayage (modèle JX-610 de la compagnie Sharp). Pour chaque photo noir et blanc de format courant, on créera donc un fichier de tonalité occupant un espace mémoire d'environ 30 Mo. Notons que la taille des fichiers numériques des photos couleurs est de l'ordre de 90 Mo.

Après numérisation des photos, la situation géométrique lors de la prise de vue des différentes photos utilisées dans la réalisation du projet est reconstituée à l'aide de la vidéorestitution numérique. Cette reconstitution géométrique, ou orientation du modèle stéréoscopique, se divise en trois étapes : l'orientation interne, l'orientation relative et l'orientation absolue (fig. 3a, b, c). Il est important de noter que ces étapes d'orientation ne sont effectuées qu'une fois et qu'elles demeurent valables aussi longtemps que les paramètres sont conservés en mémoire.

L'orientation interne consiste à définir la distance focale de la caméra utilisée lors de la prise de la photo et à enregistrer le plus précisément possible la distance entre les marques fiducielles localisées généralement dans les quatre coins de la

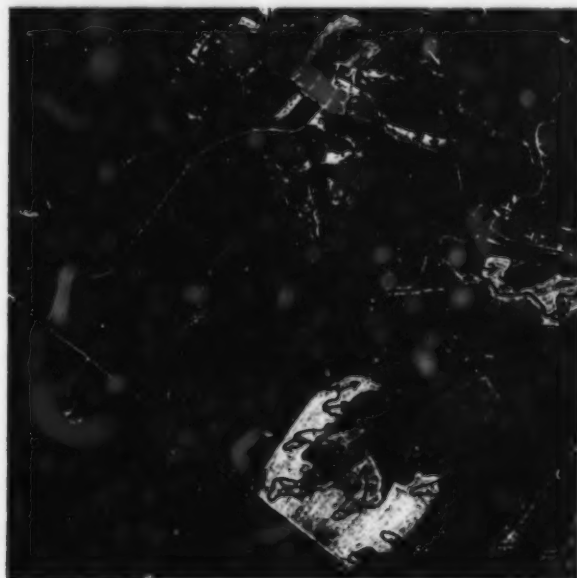


Figure 2. Exemple de photo-interprétation des phénomènes géomorphologiques.

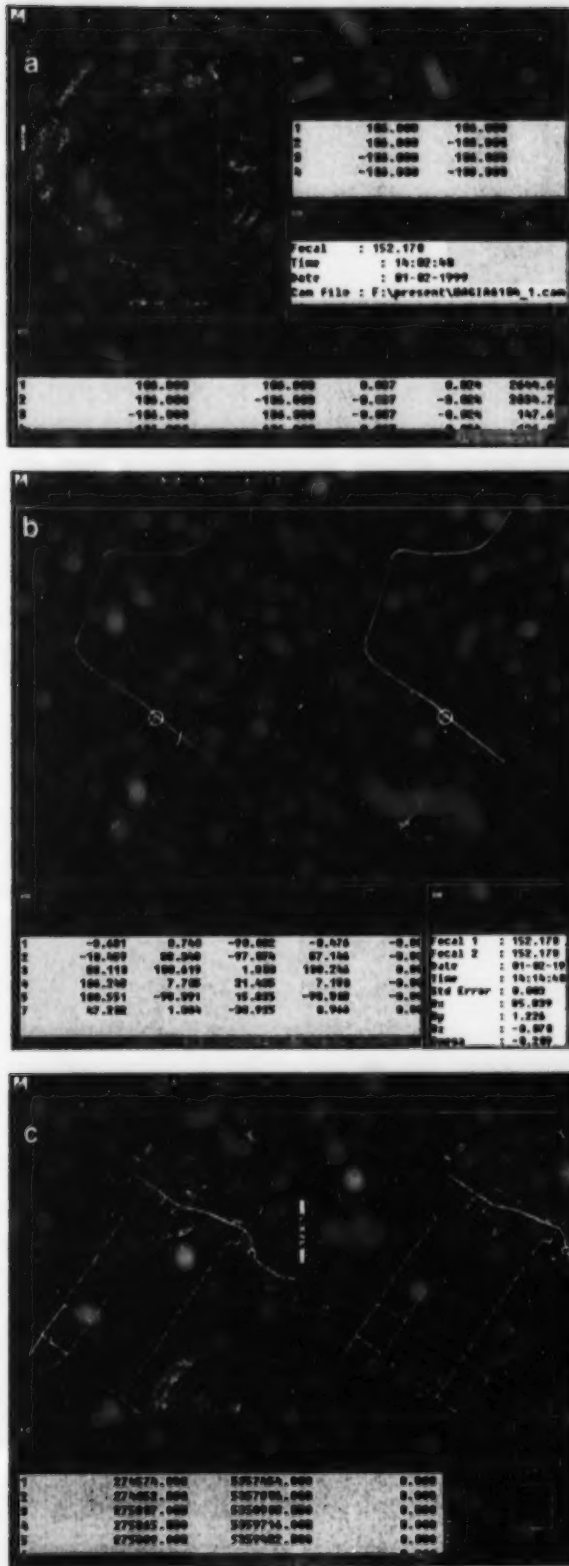


Figure 3. Grandes étapes de la vidéo restitution numérique. (a) Orientation interne. (b) Orientation relative. (c) Orientation absolue.

photo et représentées par un cercle avec une croix en surcharge (fig. 3a). Cependant, il est à noter que la localisation et la forme des marques fiducielles dépendent du type de caméra utilisé.

L'orientation relative consiste à faire correspondre la position d'un minimum de cinq points (appelés points Von Gruber) sur l'image de gauche avec celle des mêmes points sur l'image de droite. Cette technique a pour but d'éliminer la parallaxe, c'est-à-dire le déplacement de la position apparente d'un point (pixel) causé par le changement de position de l'observateur. Le but de l'orientation relative est de recréer la vision stéréoscopique (fig. 3b).

L'orientation absolue consiste à estimer les paramètres de transformation des coordonnées reliant les systèmes «modèle» et «terrain», lesquels vont permettre la mise en référence spatiale exacte du modèle stéréoscopique avec le fond de carte numérique (fig. 3c). Dans le cadre du projet du Saguenay, les fonds numériques ont été fournis par le ministère des Transports du Québec à l'échelle de 1/20 000.

Les trois étapes d'orientation énumérées ci-dessus demandent une attention particulière, car c'est à ce moment qu'est contrôlée la précision du déplacement suivant les axes x et y (abscisse, ordonnée) des éléments captés sur les photos aériennes et reportés sur le fond topographique numérique. Pour une carte à l'échelle de 1/20 000 et des photos aériennes courantes à l'échelle de 1/15 000, la précision atteinte est de l'ordre de 0,44 mètre suivant les axes x et y et de 0,54 mètre en altitude (axe z). À titre de comparaison, la largeur du trait du rapidograph correspond sur le terrain à une bande de 7,75 mètres de largeur. Une précision encore plus élevée pourrait être obtenue en se servant d'un certain nombre de points de contrôle positionnés sur le terrain à l'aide d'un système de positionnement par satellite (GPS).

Lorsque l'étape de numérisation de l'information provenant des photos aériennes est terminée, un document numérique est envoyé à l'édition où sont effectués l'habillage cartographique, la vérification et la correction de l'esthétisme. Si l'information est trop dense, elle est généralisée à l'aide d'un algorithme de longueur et de superficie. Enfin, les photos aériennes originales peuvent être comparées avec le document numérique final de type Arc/Info pour s'assurer que la représentation de l'information correspond entièrement à la photo-interprétation géomorphologique.

DEGRÉ DE PRÉCISION OBTENU PAR LA VIDÉORESTITUTION NUMÉRIQUE : EXEMPLES

Les trois couplets stéréoscopiques ainsi que les croquis cartographiques correspondants (Paradis et al., 1999), présentés aux figures 4, 5 et 6 démontrent la précision de la vidéo restitution numérique de divers éléments représentés par différents symboles (points, polygones, arcs, cercles, texte, points cotés) dans des contextes géomorphologiques variés, dans le secteur de Saint-Fulgence et de La Baie.

Dans l'ensemble de la région étudiée, les terrasses marines sises entre 100 et 120 mètres d'altitude sont modifiées par de grandes coulées argileuses. De par leur étendue, ces glissements de terrain rétrogressifs ont produit d'importants effets sur le paysage. La morphologie des coulées, et notamment l'étroitesse de certains exutoires

(fig. 4a, secteur central), sont très difficiles à représenter sur les cartes. La vision stéréoscopique que procure les photos aériennes courantes permet de représenter ces coulées avec un niveau de détail adéquat. Même dans des secteurs où l'on dispose de peu ou pas de points de contrôle topographique, là



Figure 4. Réseau de drainage dendritique avec coulées argileuses. (a) Couplet stéréoscopique. (b) Croquis cartographique.

où le transfert à main levée aurait été ardu et aurait probablement donné lieu à des inexactitudes, le résultat final de la vidéorestitution numérique est précis et exact (fig. 4b).

Le ravinement de type dendritique est sans équivoque le phénomène géomorphologique le plus répandu dans le secteur. Il indique la présence de dépôts cohésifs peu perméables, qui sont représentés ici par les argiles et silts (Ma) déposés en eau profonde lors de l'épisode de la Mer de Laflamme (il y a de cela 10 250 à 8 500 ans). La correspondance très fine entre le couplet stéréoscopique (fig. 5a) et le croquis cartographique (fig. 5b) démontre avantagement la précision

du système de vidéorestitution numérique. L'orientation absolue de chaque courbe constituant les ruptures de pente du réseau dendritique (fig. 5a) est atteinte avec exactitude et précision (fig. 5b). Ce type de transfert est très difficile à effectuer manuellement, car souvent les ramifications du réseau dendritique ne concordent pas avec les points cotés ou les courbes de niveau, ce qui peut entraîner des erreurs lors du transfert.

Le troisième couplet stéréoscopique (fig. 6a) montre un segment de la plaine alluviale de la rivière à Mars, là où celle-ci s'encaisse dans les sédiments sableux du delta de

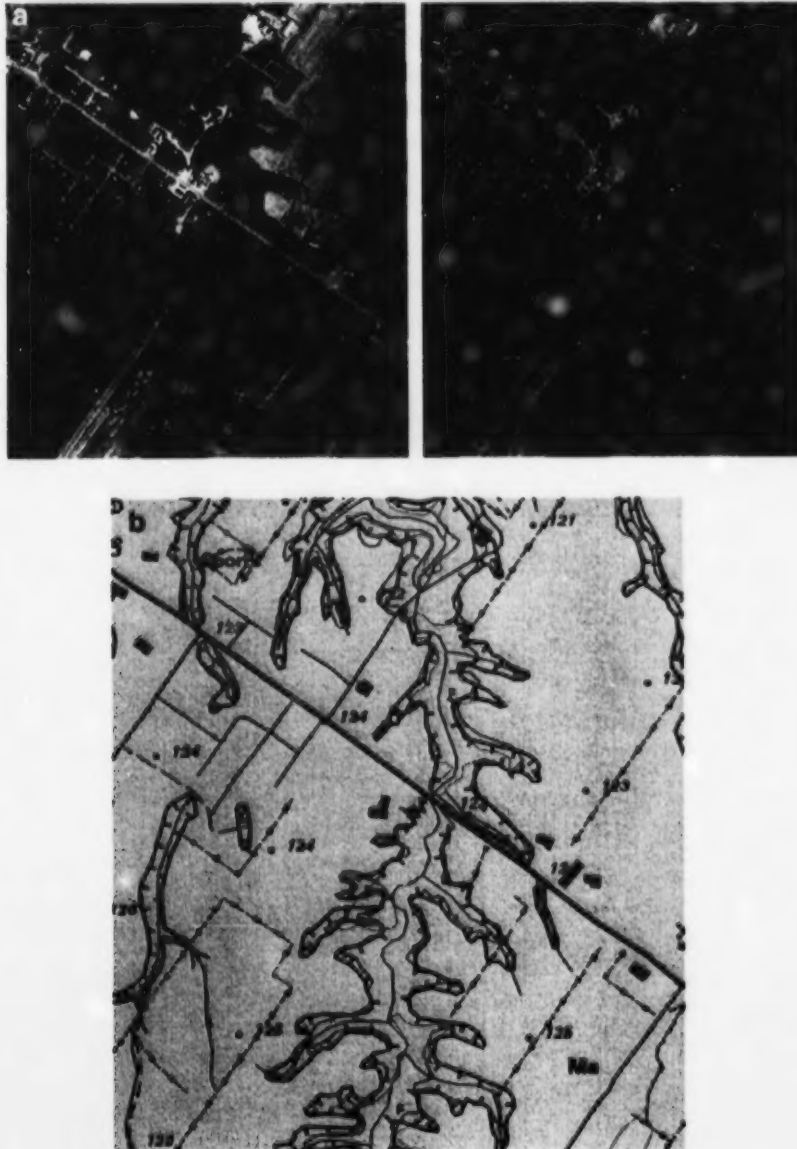


Figure 5. Ravinement dendritique surcreusé. (a) Couplets stéréoscopique. (b) Croquis cartographique.

Bagotville. Les terrasses étagées de part et d'autre de la vallée correspondent aux stades successifs d'encaissement de la rivière. Des paléochenaux ainsi que des kettles sont visibles à la surface du delta. La topographie accidentée dans le fond de certains kettles, que nous révèle la photo-interprétation, nous indique la présence de matériaux fluvioglaciaires au-dessous des dépôts deltaïques. Suite aux pluies intenses de l'été 1996, une cartographie très détaillée des plaines alluviales des rivières à Mars et des Ha! Ha! devait être effectuée. La

précision dans l'orientation absolue des éléments d'information transférés par la méthode de la vidéo restitution numérique est telle qu'il nous a même été possible de superposer le tracé actuel de la rivière sur celui d'avant l'inondation, lequel est représenté par des traits discontinus (fig. 6b). Ce genre de compilation aurait été impossible à réaliser par les méthodes classiques, car tous les points de référence de l'ancien tracé ont été effacés par l'érosion associée à la crue de 1996.

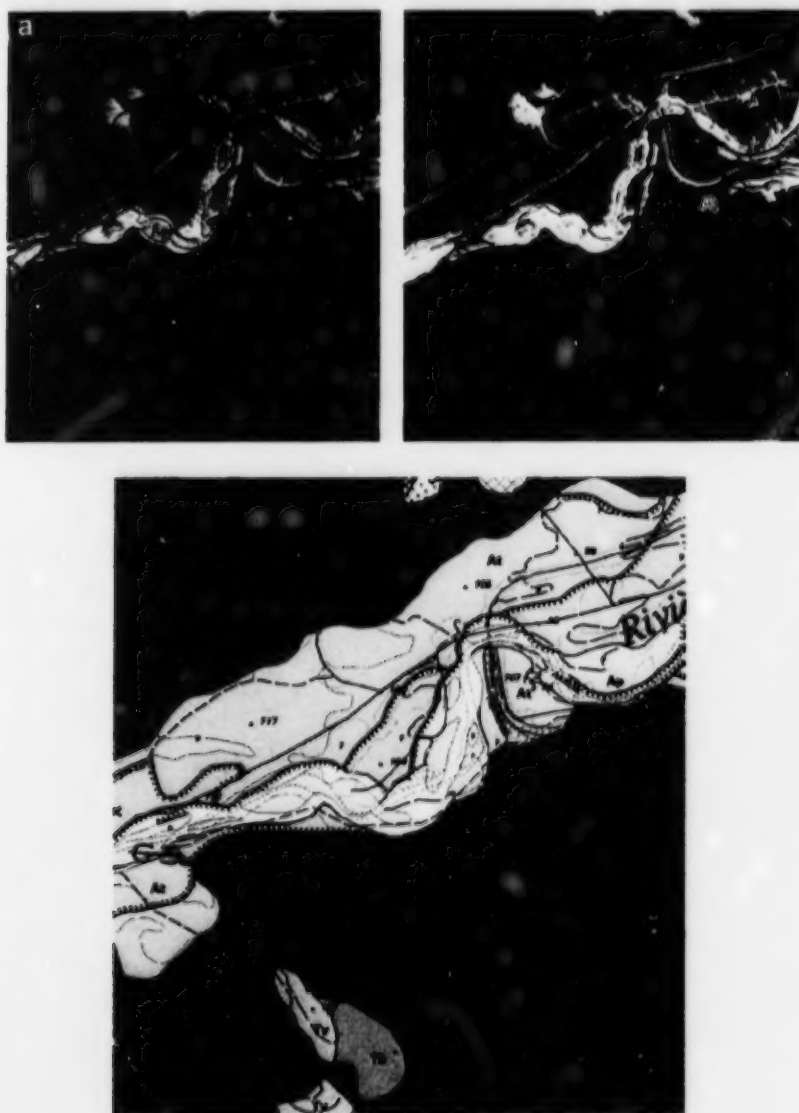


Figure 6. *Plaine alluviale de la rivière à Mars qui montre l'encaissement de ce cours d'eau dans les dépôts du delta de Bagotville. (a) Couplete stéréoscopique. (b) Croquis cartographique.*

AVANTAGES DE LA VIDÉORESTITUTION NUMÉRIQUE

Les exemples illustrés ici démontrent que la vidéorestitution numérique est un outil très utile à la cartographie des formations superficielles. Le transfert manuel des données provenant des photos aériennes, souvent effectué avec l'aide d'un projecteur à réflecteur (fig. 7, mapographe), nécessite d'interminables vérifications jusqu'à la compilation finale. Il est souvent très difficile d'effectuer l'orientation absolue des photos aériennes sur le fond topographique reproduit sur un transparent et projeté par le projecteur à réflecteur. De plus, la seule façon de minimiser la distorsion radiale est de déplacer manuellement la photographie aérienne sur le support localisé sous la partie vitrée du projecteur. Dans certains cas, selon le rapport entre l'échelle de la photo utilisée et celle du fond topographique, l'étape du transfert à l'aide du projecteur doit être répétée à deux occasions. Cette double manipulation engendre des erreurs en plus de ralentir de beaucoup la production et la publication des documents cartographiques.

La vidéorestitution numérique permet d'effectuer l'orientation absolue des photos aériennes avec beaucoup plus de précision que ne le permet la méthode du projecteur à réflecteur. Ainsi, des photos aériennes (échelle de 1/40 000) présentant une grande différence d'échelle avec le fond topographique (échelle de 1/250 000) peuvent être utilisées sans qu'il ne soit nécessaire de répéter les ajustements du transfert. Les photos aériennes sont numérisées à une résolution de 600 points au pouce; il est donc possible de les utiliser en conservant l'échelle originale (format de 23 cm sur

23 cm) ou toute autre échelle, peu importe qu'il y ait un effet de réduction ou d'agrandissement à l'écran cathodique. Ainsi, les photos aériennes peuvent être reportées sur le fond topographique numérique, peu importe l'échelle de celui-ci. Aucune erreur ne peut donc s'insérer dans le processus de transfert des données provenant des photos aériennes.

Les étapes de la vidéorestitution numérique sont très importantes car c'est à ce moment que sont résolus tous les problèmes de distorsion des photos aériennes utilisées pour le projet. La qualité totale du produit final résulte de l'effort mis dans cette première phase. Le document numérique produit lors du processus de vidéorestitution est alors prêt à être traité à l'aide du logiciel Arc/Info. L'étape de révision finale effectuée, le document est prêt pour publication. La méthode de vidéorestitution numérique permet d'enregistrer toutes les données numérisées lors de la phase originale, de façon à pouvoir les réutiliser au besoin à des fins de compilation à une autre échelle ou dans un autre format, et ceci avec rapidité, efficacité et précision.

La vidéorestitution numérique permet sans contredit d'augmenter la qualité du transfert des données de la photo aérienne et d'accroître l'efficacité de la cartographie numérique jusqu'à sa présentation numérique finale. La vidéorestitution permet aussi d'effectuer des mesures de plusieurs types (distance entre deux points, altitude d'un point en particulier, hauteur, largeur, etc.), sans avoir à transformer à nouveau les données de base des photos aériennes utilisées. La vidéorestitution numérique s'avère donc un outil de plus en plus important pour la cartographie géomorphologique.

La configuration décrite dans le tableau 1 est basée sur les besoins du Laboratoire de cartographie et de photogrammétrie (LCNP) de la CGC-Québec. Le matériel consiste en une station de production capable de répondre aux demandes de plusieurs projets en même temps et de servir à d'autres



Figure 7. Projecteur à réflecteur «mapographe».

Tableau 1. Matériel requis et coûts.

Matériel	Coût ¹
Ordinateur compatible Pentium (AST Manhattan D)	7
Mémoire vive (RAM) de 256 Mo	
Disque dur de 15 Go	
Carte graphique adapté à une utilisation à deux écrans (Appian Jeronimo J2N)	
Graveur de CD-ROM (HP SureStore)	
Système d'exploitation Windows NT 4.0	
Souris et clavier	
Numériseur à balayage Sharp JX-610 à résolution optique de 600 points au pouce	13
Tablette à numériser SummaSketch	
Écran de 17 po Viewsonic	1
Écran de 21 po Viewsonic (taux de rafraîchissement de 120 Hz)	2
Système de visualisation stéréoscopique	1,2
Système de vision Crystal Eyes	1,4
Logiciel DVP	16,0
Total (en dollars de 1997)	41,6
¹ en milliers de dollars	

applications de type SIG ou CAD et même pour l'éditique. L'acquisition d'un numériseur à balayage est aussi facultative dans la mesure où un service de balayage de photographie est offert par l'entreprise privée. Le coût d'acquisition du matériel répondant à la configuration minimale suggérée par le concepteur du logiciel DVP est de l'ordre de 25 000 \$ (en dollars de 1999). Le matériel nécessaire se compose des éléments suivants : ordinateur Pentium, mémoire vive (RAM) de 32 Mo, disque dur de 1,6 Go, moniteur de 15 po et moniteur optionnel de 17 po (image de référence), tablette à numériser Summasketch, souris et clavier, système de vision stéréoscopique.

CONCLUSION

La vidéo restitution numérique permet au géomorphologue versé dans la photo-interprétation d'effectuer un travail de précision à partir des photos aériennes, dans la reconnaissance des

phénomènes géologiques ou géomorphologiques qui sont d'intérêt, en lui assurant une méthode de transfert précise et rapide, qui s'adapte facilement à l'échelle et au format des publications envisagées.

REMERCIEMENTS

Nous remercions sincèrement C. Bégin pour sa lecture critique du manuscrit, ainsi que T. Toutin et M. Parent pour leurs discussions et commentaires.

RÉFÉRENCE

- Paradis, S. J., Parent, M., Perret, D. et Bégin, C.
1998: Géologie des formations superficielles, Saint-Fulgence et La Baie, Québec; Commission géologique du Canada, Dossier public 3710, 2 feuillets à l'échelle 1/20 000.

Projet n° 960001 RS de la Commission géologique du Canada